

(19)

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 396 667**

(21) Número de solicitud: 201231247

(51) Int. Cl.:

G01H 3/10

(2006.01)

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

01.08.2012

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

25.02.2013

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (50.0%)**C/ Ramiro de Maeztu, 7****28040 Madrid ES y****CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES****CIENTÍFICAS (50.0%)**

(72) Inventor/es:

ASENSIO RIVERA, César;**RUIZ GONZÁLEZ, Mariano;****DE ARCAS CASTRO, Guillermo;****RECUERO LÓPEZ, Manuel y****LÓPEZ NAVARRO, Juan Manuel**

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel(54) Título: **Procedimiento y sistema de detección de la activación de la reversa en el aterrizaje de una aeronave**

(57) Resumen:

La invención consiste en un sistema de captación sonoro que es capaz de detectar la activación de la reversa durante el aterrizaje de los aviones a partir de la detección e identificación de los sonidos producidos en el proceso. Así mismo, la invención incluye el procedimiento que debe seguirse con respecto a la ubicación de los sensores. La invención dotará a los aeropuertos de una herramienta con la que velar por el cumplimiento de las normativas referidas a la activación de la reversa en materia de ruido y medio ambiente.

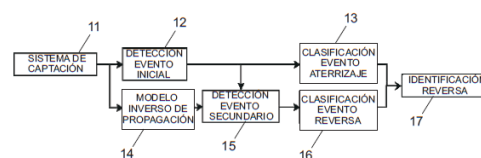


Fig. 1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO Y SISTEMA DE DETECCIÓN DE LA ACTIVACIÓN DE LA REVERSA EN EL ATERRIZAJE DE UNA AERONAVE

SECTOR TÉCNICO

5

La invención se engloba en el campo de la instrumentación acústica, el procesado de señal y el reconocimiento de patrones. Su aplicación tendrá influencia en el medio ambiente, ya que la inspección y detección del ruido de reversa permitirá una aplicación efectiva de políticas coercitivas y sancionadoras en los aeropuertos, al
10 disponer de herramientas de vigilancia para hacer cumplir las restricciones existentes a este respecto, reduciendo la contaminación acústica y mejorando la integración con las comunidades adyacentes.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

Aparte de la instrumentación existente en la propia aeronave, no existen en los aeropuertos sistemas dedicados a la tarea de detectar si dicha aeronave ha activado o no la reversa para frenar tras el aterrizaje. Por este motivo resulta complicado para las autoridades aeroportuarias hacer cumplir las restricciones existentes en muchos de los
20 aeropuertos referentes al uso de la reversa.

20

Algunos intentos previos, han utilizado los registros de nivel sonoro efectuados por los terminales de monitorizado de ruido del aeropuerto para intentar identificar un patrón, consistente en la existencia de dos eventos sonoros consecutivos. Sin embargo, dichos intentos no han sido eficaces debido al gran número de factores cuya
25 variabilidad y dispersión alteran las características de los eventos y dificultan la detección automática hasta extremos tales que la hacen prácticamente imposible: tipos de aeronaves, velocidad en el aterrizaje, punto de contacto, zona de activación de la reversa, intensidad de activación de la reversa, duración de la activación, proximidad entre la ubicación del monitor y la zona de activación de la reversa, ruido
30 de fondo.

30

Por otra parte, otros sistemas basados en reconocimiento de patrones, como el ES2334429 "Sistema y procedimiento de detección e identificación de sonidos en tiempo real producidos por fuentes sonoras específicas" tampoco se muestran efectivos, debido al gran parecido entre el sonido emitido por la activación de la
35 reversa y el producido por la "cola" del aterrizaje.

35

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención consiste en un procedimiento y un sistema que es capaz de identificar de manera automática la activación de la reversa durante el aterrizaje de los aviones a partir de la detección e identificación de los sonidos producidos en el proceso. Este objetivo se consigue mediante las características presentes en las reivindicaciones independientes. Realizaciones particulares se muestran en las reivindicaciones dependientes.

El sistema de detección de la activación de la reversa en el aterrizaje de una aeronave comprende:

- Un módulo de captación para grabar sonido, que incluye un primer micrófono y un segundo micrófono.
- Un módulo de detección para detectar un primer evento si el nivel de presión sonora medida en el primer micrófono supera un primer umbral, $Pr1$, de nivel de presión sonora durante un primer intervalo de tiempo.
- Un módulo estimador para estimar la distancia $r(t)$ de los medios de captación (11) a la aeronave (24) a partir del ángulo de procedencia del sonido calculado mediante correlación cruzada,
- Un módulo de propagación inversa para calcular la potencia sonora, $Lw(t)$, a partir del nivel de presión de sonido medido, $Lp(t)$, y de la distancia estimada, $r(t)$,
- Un módulo de detección para detectar un segundo evento si cumple que:
 - El avión ha cruzado el eje del sistema de captación (instante $T1$).
 - Con posterioridad a $T1$, la pendiente a largo plazo de $Lw(t)$ supera un umbral durante un segundo intervalo de tiempo, condición que se cumple en $T2$
 - con posterioridad a $T2$ el nivel de potencia sonora supera un umbral $Pot2$ durante un tercer intervalo de tiempo .
- Dos módulos clasificadores encargados de clasificar el primer evento como aterrizaje de la aeronave y el segundo evento como activación de la reversa mediante la aplicación de técnicas de reconocimiento estadístico de patrones.
- Un módulo que identifica la activación de la reversa en el supuesto de que el primer evento detectado sea clasificado como aterrizaje y el segundo sea clasificado como reversa.

Por su parte y de forma análoga al sistema mostrado, el procedimiento de detección de la activación de la reversa en el aterrizaje de una aeronave comprende realizar las siguientes acciones:

- Grabar los sonidos, con unos medios de captación. Estos medios de captación incluyen un primer micrófono orientado hacia la zona de flotación (avión está en vuelo) de la pista de un aeropuerto y un segundo micrófono orientado hacia la pista de frenada (avión aterriza) de la pista de un aeropuerto.
- 5 - Detectar un primer evento si el nivel de presión sonora medida en el primer micrófono supera un primer umbral, Pr_1 , de nivel de presión sonora durante un primer intervalo de tiempo. Ello busca detectar que el avión se aproxima para tomar tierra.
- 10 - Estimar la distancia $r(t)$ de los medios de captación (11) a la aeronave (24) a partir del ángulo de procedencia del sonido calculado mediante correlación cruzada.
- 15 - Con la distancia, se calcula la potencia sonora, $L_w(t)$ que es empleada para detectar un segundo evento si se cumplen las condiciones siguientes:
 - i) La detección se producirá a partir del tiempo T_1 (necesariamente posterior a T_0), que se corresponde al instante en que el avión cruza por delante del eje de los micrófonos. En el caso de que T_1 no sea encontrado durante el transcurso del evento inicial, no se proseguirá con la detección del evento secundario. En el caso de que se detecte T_1 , se procederá a la búsqueda de T_2 .
 - 20 ii) La detección se producirá a partir de T_2 , instante en que por primera vez tras T_1 la pendiente de la evolución temporal de la potencia pasa de ser negativa a ser positiva (cruce por cero). Esta situación determina un nuevo incremento del nivel sonoro.
 - 25 iii) Que, con posterioridad a T_2 , el nivel de potencia sonora supera un umbral Pot_2 durante un intervalo de tiempo.

De esta forma, se dispone de dos eventos candidatos que es posible asignar al aterrizaje de la aeronave en el caso del primer evento. Análogamente, para el segundo evento, a la activación de la reversa en función de un reconocimiento estadístico de patrones.

- 30 Opcionalmente, los micrófonos son cardioides y sus ejes forman entre sí un ángulo comprendido entre 90° y 180° .

Ventajosamente, la línea que une las cápsulas de los dos micrófonos debe ser paralela a la pista.

Opcionalmente, se puede realizar un filtrado paso-alta de la señal del primer micrófono (21). Ventajosamente, la frecuencia de filtrado se elige en un rango comprendido entre 5 KHz y 5.2 kHz.

Para calcular la potencia sonora, $L_w(t)$, se debe emplear un modelo inverso de propagación que considera la divergencia esférica y la atenuación atmosférica. Por ejemplo, la norma ISO 9613.

Opcionalmente, se puede realizar un filtrado paso-bajo de la señal del segundo micrófono.

Opcionalmente, extraer las características del segundo evento comprende calcular el momento, T_3 , en el que la pendiente de $L_w(t)$ tiene un valor máximo. Para ello, se puede calcular la pendiente de $L_w(t)$ mediante regresión lineal.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1: Esquema de bloques de la invención donde se muestra un esquema básico de funcionamiento de la invención. Las señales captadas por los sensores son utilizadas para la detección de un evento inicial y otro secundario. Dichos eventos son clasificados como aterrizaje, reversa u otro. En función de los resultados de la clasificación de los eventos la activación de la reversa quedará o no identificada.

20

Figura 2: Localización del sistema de captación en una zona típica donde el avión contacta con la pista. Una vez el avión planta por completo el tren de aterrizaje, se produce la frenada, que puede incluir o no la utilización de la reversa. El sistema de captación debe estar tan alejado como sea posible de la zona de activación de la reversa, pero no tanto como para que el sonido producido sea enmascarado por el ruido de fondo del aeropuerto.

25

Figura 3: Esquema detector eventos iniciales. Un detector de umbrales de nivel y duración aplicados sobre el nivel de presión sonora permite detectar el sonido producido por el aterrizaje de los aviones. El filtrado de alta frecuencia de la señal permite reducir el número de falsos positivos.

30

Figura 4: Modelo inverso de propagación. Se muestra cómo a partir del nivel de presión sonora se realizará una estimación de la potencia acústica radiada. La transformación entre ambas magnitudes requiere el cálculo de la distancia entre el

35

micrófono y el avión, que se realiza a partir del retardo existente entre las señales que captan los componentes del array microfónico.

Figura 5: Esquema del detector de eventos secundarios. A partir de la evolución temporal del nivel de potencia (L_w) estimado se realiza una detección del evento secundario mediante la aplicación de umbrales de duración y nivel. Atendiendo a la estructura temporal del fenómeno físico, se imponen restricciones a la detección, que debe producirse después de que el avión pase por delante del monitor y debe producir un incremento notable en la evolución $L_w(t)$.

10

Figura 6: Esquema general de tiempos.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA

15 Con referencia a las figuras se ilustra un modo de realización de la invención que no debe considerarse limitativo de su alcance sino aclaratorio.

El esquema básico de funcionamiento consiste en la detección y clasificación de dos eventos sonoros consecutivos, que en el caso de activación de reversa se corresponden con un evento producido por el aterrizaje de un avión, seguido de evento asociado a la activación de la reversa. Un ejemplo de diagrama de bloques según la invención aparece en la figura 1.

Medios de captación

25

La figura 2 muestra un esquema de la localización de los medios de captación **11**. Los medios de captación **11** comprenden un array de al menos dos micrófonos **21**, **22** que permiten realizar una estimación de la posición del avión **24** sobre la pista **23**. Los micrófonos se situarán junto a la pista **23**, en una zona donde tanto el aterrizaje, como el sonido producido por la activación de la reversa se destaquen sobre el ruido de fondo. El segmento que une las cápsulas de los dos micrófonos debe ser paralelo a la pista. La mediatriz de dicho segmento será preferiblemente perpendicular a la pista, estando ubicada lo más próximo posible al punto de contacto del avión con la pista y/o lo más alejado posible del punto típico donde se activa la reversa. Preferiblemente, se contará con protección de intemperie frente a lluvia y viento. Es preciso conocer la

35

posición del avión en la pista para determinar la distancia entre el micrófono y el avión, y así aplicar el modelo inverso de propagación. De esta manera se puede trabajar con potencia, y no con presión. Más adelante, se tratará esta cuestión.

5 Módulo de detección de evento inicial

Dada la localización de los medios de captación **11**, serán capaces de detectar un evento sonoro cuando una aeronave aterrice (evento inicial **34**) y un segundo evento sonoro cuando se active la reversa (evento secundario **53**).

10

El módulo de detección de evento inicial **12** tiene como función detectar todos los eventos sonoros asociados a un aterrizaje, minimizando en la medida de lo posible los falsos positivos producidos por vehículos, aeronaves lejanas, taxi, pruebas de motores...

15

Según se indica en la Figura 3, la detección se realiza sobre la señal captada por el primer micrófono **21**. Dicha señal es filtrada mediante un filtro **31** de alta frecuencia (por encima de 4000 Hz). Se calcula el nivel de presión sonora de la señal filtrada mediante el módulo SPL **32** y se realiza mediante el detector **33** la detección mediante umbrales de nivel (dB) y duración (s). Se denomina T0 al instante en que se inicia el evento inicial **34**. El sonido se atenúa durante su propagación. Dicha atenuación es mayor en altas frecuencias por eso es habitual que las fuentes de ruido lejanas carezcan de energía en alta frecuencia. Sólo las fuentes de ruido muy potentes, o muy cercanas serán capaces de emitir niveles elevados por encima de 4000 Hz. El aterrizaje o despegue de un avión en la pista seleccionada sí lo producirán, pero otras fuentes no. Así se reduce la tasa de falsos positivos.

25

Modelador inverso de propagación

Comentar previamente que cuando una fuente sonora produce sonido, éste lleva asociada una potencia acústica. A partir de este dato, existen normas, como la ISO 9613 que son capaces de calcular el nivel de presión sonora L_p que se puede medir en una localización, en función de la distancia, la directividad de la fuente, temperatura ambiental, presión atmosférica... En este modelo se basa la ecuación del final del párrafo. En este caso, lo que se mide es $L_p(t)$ con los micrófonos, que corresponde con el nivel de presión. En cambio, se desea determinar la potencia que está

30

35

emitiendo el avión $L_w(t)$. Sólo se consideran el efecto de la distancia $r(t)$ porque no se puede conocer la directividad del avión. El resto de factores sólo aportan un bias que no importa en la detección. Así que se aplica el modelo simplificado de la ecuación.

El detalle del modelador inverso de propagación **14** se muestra en la figura 4. La señal del segundo micrófono **22** es filtrada en baja frecuencia mediante el filtro paso-bajo **44**. A continuación se calcula el nivel de presión sonora con el módulo SPL **45** y se realiza una transformación de dicha señal a partir de un módulo de propagación inversa **46** del sonido basado en la norma ISO 9613. Como resultado se obtiene una estimación **47** de la evolución temporal de la potencia acústica $L_w(t)$ emitida por el avión **24**. El modelo implementado por el módulo **46** únicamente contempla el efecto de la divergencia esférica y la atenuación atmosférica, según la siguiente ecuación:

$$L_w(t) = L_p(t) + 20 \log r(t) + \frac{r(t)}{1000} \alpha + Z \quad (dB)$$

Donde L_w es el nivel de potencia en la banda de frecuencias seleccionada (dB), L_p el nivel de presión sonora en dicha banda (dB), r la distancia entre el avión y el sistema de medida (m) y α (dB/km) el coeficiente de absorción atmosférica y Z una constante de ajuste (dB). Tanto el nivel de potencia, como el nivel de presión, como la distancia son señales que evolucionan en el tiempo.

L_w y L_p se miden en dB, pero en el primer caso se refiere a la potencia que emite una fuente sonora, mientras que en el otro a la presión sonora que se registra en un punto. El cálculo de la distancia r se realiza gracias conjunto microfónico **21,22**. El retardo entre los micrófonos se calcula a partir de la correlación cruzada. Dicho retardo permite calcular el ángulo de procedencia del sonido. A partir de dicho ángulo, conociendo la distancia entre micrófonos y pista se puede estimar la posición del avión sobre esta, y con ella, la distancia r .

25 Módulo de detección de eventos secundarios

Los detalles del módulo de detección de eventos secundarios **15** se pueden ver en la Figura 5. La detección del evento secundario se realiza mediante el detector **52** de umbrales de nivel (dB) y tiempo (s) sobre la evolución temporal de la potencia acústica estimada **47**. Para reducir el número de falsos positivos se establece la siguiente sintaxis:

- La detección se producirá a partir del tiempo T_1 (necesariamente posterior a T_0), que se corresponde al instante en que el avión cruza por delante del eje de los micrófonos. T_1 se calcula a partir del retardo entre las señales

capturadas en MIC1 y MIC2. Debido a que el avión pasa de un lado al otro del monitor, el retardo entre ambos micrófonos sufrirá un cambio de signo. Justo el momento en el que dicho cambio se produce marcará el paso del avión por delante del array **21, 22**, momento en el que el sonido llega simultáneamente a ambos micrófonos **21, 22**. En el caso de que T1 no sea encontrado durante el transcurso del evento inicial, no se proseguirá con la detección del evento secundario. En el caso de que se detecte T1, se procederá a la búsqueda de T2.

- La detección se producirá a partir de T2, instante en que por primera vez tras T1 la pendiente de la evolución temporal de la potencia pasa de ser negativa a ser positiva (cruce por cero). Esta situación determina un nuevo incremento del nivel sonoro. En el texto se explica cómo se identifica T1 (si no se identifica T1, no se prosigue la detección). Después se busca T2, (si no se detecta, no se prosigue la detección). A partir de T2, se realiza la detección de umbrales.
- Para reducir el número de falsos positivos, la determinación del instante T2 se realiza mediante umbrales de duración (s) y nivel (dB/s) sobre la pendiente de la potencia estimada. De esta manera se eliminan pequeñas fluctuaciones esporádicas, asegurando que el incremento de L_w se debe a la existencia de un nuevo evento sonoro de importancia.

Clasificador estadístico **13, 16**

De acuerdo con la figura 1, tanto el evento inicial **34** como el secundario **53** son presentados a la entrada de sendos clasificadores estadísticos **13, 16** que los clasifican como ruido de aterrizaje, reversa u otro.

Para realizar la función se realiza un proceso de extracción de características. Las características se extraen preferiblemente de 3 segundos de señal correspondientes a los eventos:

- En el caso del evento inicial, el intervalo temporal para la extracción de características se centra en el instante T1 (paso del avión frente al monitor).
- En el caso del evento secundario, el intervalo temporal se centra en T3, instante tras T2 en que la pendiente vuelve a cruzar 0, esta vez en sentido descendiente. T3 refleja un máximo local de L_w .

Dicho de otra forma, primero se realiza una detección de eventos y después tiene que clasificarlos. Respecto al evento inicial, primero hay que detectarlo, y empieza en T0.

Después se busca T1, luego T2, y luego se detecta el evento secundario. Si tenemos dos eventos detectados, se pasa a clasificarlos, y para eso hay que extraer sus características. Para extraerlas se han elegido unos momentos que son T1 en el evento inicial y T3 en el secundario. Dentro del evento inicial habrá un instante T1, que es el que se utiliza para extraer las características. No se extraen características usando todo el evento, preferentemente sólo 3 segundos centrados en T1. Lo mismo con el evento secundario, pero en este caso se toman preferentemente 3 segundos centrados en T3.

Con una ventana hanning de 100 ms de duración, se calculan las FFT en el intervalo de 3 segundos y se calcula un espectro promedio del evento. El vector de características resultante es normalizado, para posteriormente realizarse un análisis PCA (principal component analysis) con el objetivo de reducir la dimensión. Se trata de un procedimiento matemático que realiza una transformación ortogonal para convertir un conjunto de datos de variables posiblemente correladas en un conjunto de datos de variables linealmente incorreladas, que son lo que denominamos componentes principales. El vector resultante es clasificado por los clasificadores estadísticos 13, 16.

Módulo de identificación de reversa 17

20

En el caso de que se hayan detectado dos eventos sonoros que cumplan los requisitos definidos anteriormente (inicial + secundario), y que estos hayan sido clasificados respectivamente como aterrizaje y reversa, se identificará la activación de reversa. El módulo de identificación de reversa **17** reportará un listado de reversas identificadas.

25 Para cada una de ellas puede suministrar opcionalmente:

- Grabación correspondiente: con instante inicial marcado por una antelación de 10 segundos sobre T0, y una duración de 90 segundos.
- Instante y duración del evento aterrizaje y el evento reversa.
- Instantes T1 y T3.
- 30 - Espectro de los eventos aterrizaje y reversa.
- Resultado de clasificación: clase y probabilidad.

En la figura 6 se muestra un esquema que recoge la distribución de eventos e instantes temporales mencionados.

De acuerdo con la Figura 6, el detector inicial determina T0, que es el instante de inicio del evento inicial. Sólo a partir de ese momento se buscará el tiempo de paso del avión por delante del array microfónico **21, 22** (T1). Hasta este momento, la potencia sonora (Lw) puede haber evolucionado de diferentes maneras, siendo irrelevante. A
5 partir de T1 se analiza la pendiente de Lw, buscando un cruce por 0 ascendente (el requisito es pendiente positiva tras pendiente negativa, ambas). Cuando este cruce es el inicio de una subida importante y duradera del nivel, se marca T2. A partir de este momento se realiza la detección del evento secundario por umbrales. T3 corresponderá con el primer cruce por cero descendiente en la pendiente, posterior a
10 T2. T3 se corresponderá con un máximo local de Lw(t).

Posible realización del sistema de captación **11**:

- Utilización de 2 micrófonos cardioides **21, 22** con el objetivo de minimizar el ruido de fondo al captar se el sonido principalmente de su parte frontal,
15 rechazando lo que llega por la parte posterior.
- Micrófono **21** orientado hacia la zona de flotación **25**, y micrófono **22** orientado hacia la zona de frenada **23**.
- Ángulo entre los ejes de los micrófonos 120°.
- Distancia entre micrófonos 32cm.
- 20 - Eje del conjunto (mediatriz del segmento que une las dos cápsulas microfónicas) perpendicular a la pista.
- Distancia del conjunto a la pista: 90m.
- Micrófonos colocados sobre base dura e impermeable situada en el suelo, para minimizar la influencia del viento).
- 25 - Protección de intemperie.

Detector evento inicial:

- Filtrado: 5000 a 5200 Hz

Modelo inverso de propagación:

- Filtrado: 50 a 1000 Hz
- 30 - Absorción atmosférica 6dB/Km

Detección evento secundario:

- Pendiente: estimación cada 250ms, ventana 2s, método de cálculo regresión lineal (least mean square).

35 A continuación se comenta la figura 6 mediante la siguiente tabla de tiempos:

T0	Instante en el que se detecta el evento inicial. Lo determina el detector de evento inicial (fig 3). A partir de este momento se inicia el proceso de detección de la activación de la reversa.
T1	Instante en el que el avión cruza el eje del array, pasando por delante de la posición que este ocupa. En el caso de la invención se determina a partir de un análisis del retardo en la señal de los micrófonos. Dependiendo de la posición del avión el sonido llegará antes a uno de los dos micrófonos, y llegará a ambos a la vez cuando el origen del sonido está a la misma distancia de ambos micrófonos. A partir de T1 se inicia la búsqueda de T2. En el caso de que se detecten los dos eventos (inicial y secundario), T1 será utilizado como intervalo de referencia para realizar la extracción de características del evento inicial.
T2	A partir de $L_w(t)$ se calcula la pendiente a largo plazo de esta señal. Por cada valor de $L_w(t)$ se calcula mediante una regresión lineal la pendiente media de los próximos 2 segundos de $L_w(t)$. Después de T1 la pendiente empezará a ser negativa, y si se activa la reversa $L_w(t)$ volverá a crecer. En el caso de que la pendiente de subida supere un determinado valor (dB/s) durante un determinado tiempo se considera que existe un evento significativo. A este instante le llamamos T2. A partir de T2 se inicia el proceso de detección del evento secundario.
T3	En el caso de que se detecte un evento secundario, T3 será el instante que se toma como referencia para realizar la extracción de características de dicho evento. Necesariamente es posterior a T2. Este instante se determina a partir de la pendiente de $L_w(t)$, cuando tras T2 (cruce por cero ascendente) cruza nuevamente cero en sentido descendente.

APLICACIÓN INDUSTRIAL

- El sistema permite detectar la activación de la reversa, lo que permitirá su utilización como un sistema de inspección de los aterrizajes en el aeropuerto.
- Por otra parte, integrado con una unidad de monitorizado de ruido, o con un sistema de monitorizado, permitirá realizar la medición de la contaminación acústica producida por la activación de la reversa, tanto para una operación concreta (en términos de nivel

de exposición sonora L_E , o nivel máximo L_{AFmax}), como a nivel general (en términos de nivel sonoro equivalente día/tarde/noche , L_d , L_e , L_n , L_{den})

REFERENCIAS NUMÉRICAS:

- 5
- 11 Módulo de captación.
- 12 Módulo de detección del evento inicial.
- 13 Módulo clasificador de aterrizaje.
- 14 Módulo de propagación inversa.
- 10 15 Módulo de detección del segundo evento.
- 16 Módulo clasificador de reversa.
- 21 Primer micrófono.
- 22 Segundo micrófono.
- 23 Zona frenada de la pista.
- 15 24 Aeronave.
- 25 Zona flotación de la pista.
- 31 Filtro paso-alta.
- 32 Medidor niveles de presión sonora.
- 33 Detector de umbrales
- 20 34 Evento inicial, primer evento.
- 41 Módulo estimador de retardo.
- 42 Módulo estimador del ángulo de procedencia.
- 43 Módulo estimador de la distancia.
- 44 Filtro paso-baja.
- 25 45 Módulo estimador del ángulo de procedencia.
- 46 Módulo de propagación inversa.
- 47 Evolución temporal del nivel de potencia $L_w(t)$.
- 51 Analizador de pendiente.
- 52 Módulo detector de umbrales para el evento secundario.
- 30 53 Evento secundario, segundo evento.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de detección de la activación de la reversa en el aterrizaje de una aeronave caracterizado por que comprende:

- 5 - grabar el sonido, con unos medios de captación (11) que comprenden:
- un primer micrófono (21) orientado hacia la zona de flotación (25) de la pista de un aeropuerto,
 - un segundo micrófono (22) orientado hacia la pista de frenada (23) de la pista de un aeropuerto,
- 10 - detectar un primer evento si el nivel de presión sonora medido en el primer micrófono (21) supera un primer umbral, Pr_1 , de nivel de presión sonora durante un primer intervalo de tiempo,
- detectar el momento, T_1 , en el que el avión pasa por delante de los sistemas de captación,
- 15 - estimar la distancia $r(t)$ de los medios de captación (11) a la aeronave (24) a partir del ángulo de procedencia del sonido calculado mediante correlación cruzada,
- calcular la potencia sonora, $L_w(t)$, mediante el nivel de presión de sonido medido, $L_p(t)$, y de la distancia estimada, $r(t)$,
- detectar un segundo evento si, tras detectar el primer evento, la pendiente de $L_w(t)$
- 20 supera un umbral durante un segundo intervalo de tiempo, condición que se cumple en el momento T_2 , y además, con posterioridad a T_2 el nivel de potencia sonora supera un umbral Pot_2 durante un tercer intervalo de tiempo,
- clasificar para identificar el primer evento como aterrizaje de la aeronave y el segundo evento como activación de la reversa en función de un reconocimiento
- 25 estadístico de patrones.

- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los micrófonos
- 30 (21,22) son cardioides y sus ejes forman entre sí un ángulo comprendido entre 90° y 180° .

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que la línea que une las cápsulas de los micrófonos es paralela a la pista (25,23).

4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende analizar el sonido captado por los micrófonos (21,22) para identificar el momento, T_1 , en el que el retraso temporal del sonido captado por ambos cambia de signo.

5

5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que detectar un primer evento comprende: filtrar paso-alto la señal del primer micrófono (21), medir el nivel de presión sonora en dicha señal, $L_p(t)$, y realizar una detección mediante umbrales sobre $L_p(t)$.

10

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que la frecuencia de filtrado se elige en un rango comprendido entre 5 KHz y 5.2 kHz.

15

7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que calcular la potencia sonora, $L_w(t)$, se realiza según un modelo inverso de propagación que considera la divergencia esférica y la atenuación atmosférica del sonido.

20

8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que comprende: filtrar paso-bajo la señal del segundo micrófono (22), medir el nivel de presión sonora de dicha señal, $L_p(t)$, estimar el nivel de potencia acústica asociado, $L_w(t)$, y realizar una detección mediante umbrales sobre $L_w(t)$.

25

9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que detectar el segundo evento comprende calcular el momento, T_3 , en el que la pendiente de $L_w(t)$ cambia su signo a negativo presentando un máximo local.

30

10.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende calcular la pendiente de $L_w(t)$ mediante regresión lineal.

11.- Sistema de detección de la activación de la reversa en el aterrizaje de una aeronave caracterizado por que comprende:

- un módulo de captación (11) configurado para grabar sonido, que comprende:

- 5 - un primer micrófono (21) orientado hacia la zona de flotación (25) de la pista de un aeropuerto,
- un segundo micrófono (22) orientado hacia la pista de frenada (23) de la pista de un aeropuerto,

- un módulo de detección (12,15,15,33,52) configurado para detectar un primer evento si el nivel de presión medida en el primer micrófono (21) supera un primer umbral, $Pr1$,
10 de presión sonora durante un primer intervalo de tiempo,

- un módulo estimador (41,42,43) configurado para estimar la distancia $r(t)$ de los medios de captación (11) a la aeronave (24) a partir del ángulo de procedencia del sonido calculado mediante correlación cruzada,

- un módulo de propagación inversa (14) configurado para calcular la potencia sonora,
15 $Lw(t)$, a partir del nivel de presión de sonido medido, $Lp(t)$, y de la distancia estimada, $r(t)$,

- el módulo de detección (12,15,33,52) configurado para detectar un segundo evento si, tras detectar el primer evento, la pendiente de $Lw(t)$ supera un umbral durante un segundo intervalo de tiempo, condición que se cumple en el momento $T2$ y además,
20 con posterioridad a $T2$ el nivel de potencia sonora supera un umbral $Pot2$ durante un tercer intervalo de tiempo,

- dos módulos clasificadores (13, 16) encargados de clasificar para identificar el primer evento como aterrizaje de la aeronave y el segundo evento como activación de la reversa mediante la aplicación de técnicas de reconocimiento estadístico de patrones.

25

12.- Sistema según la reivindicación 11, caracterizado por que los micrófonos (21,22) son cardioides y sus ejes forman entre sí un ángulo comprendido entre 90° y 180° .

13.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 11 o 12,
30 caracterizado por que comprende analizar el sonido captado por los micrófonos (21,22) para identificar el momento, $T1$, en el que el retraso temporal del sonido captado por ambos cambia de signo.

14.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 11 a 13,
35 caracterizado por que detectar un primer evento comprende: filtrar paso-alto la señal

del primer micrófono (21), medir el nivel de presión sonora en dicha señal, $L_p(t)$, y realizar una detección mediante umbrales sobre $L_p(t)$.

5 15.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 11 a 14, caracterizado por que comprende: filtrar paso-bajo la señal del segundo micrófono (22), medir el nivel de presión sonora de dicha señal, $L_p(t)$, estimar el nivel de potencia acústica asociado, $L_w(t)$, y realizar una detección mediante umbrales sobre $L_w(t)$.

10 16.- Sistema según la reivindicación 15, caracterizado por que la frecuencia de filtrado se elige en un rango comprendido entre 100 Hz y 1 kHz.

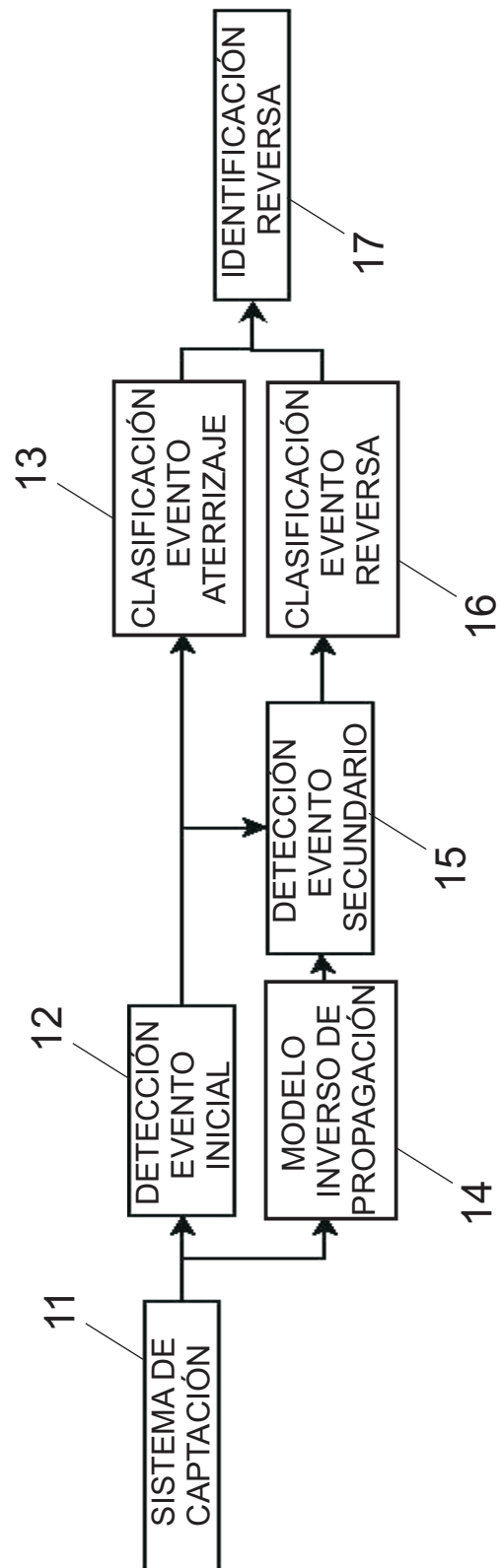


Fig. 1

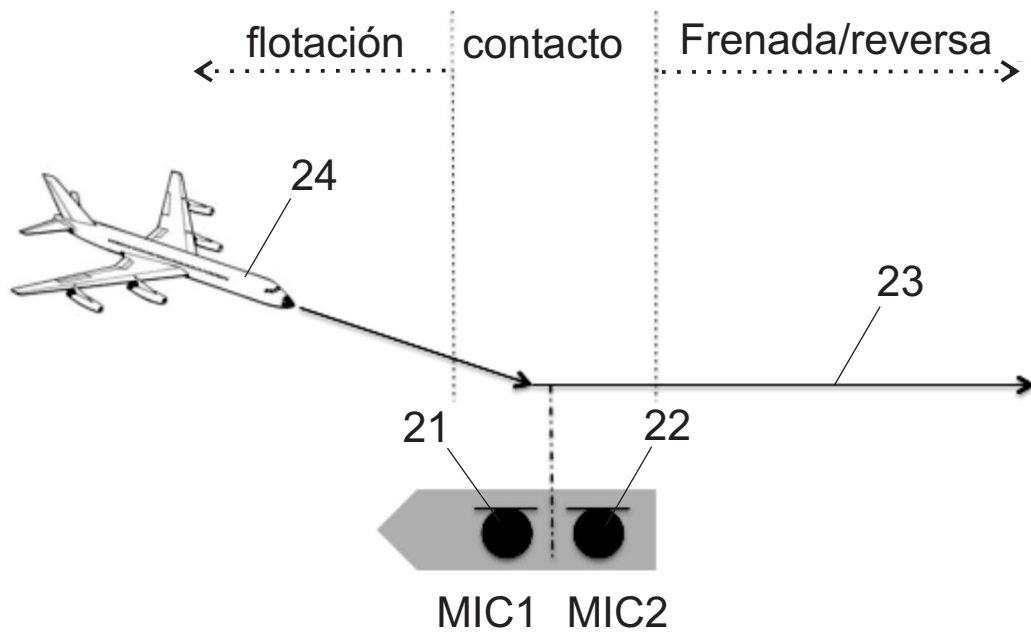


Fig. 2

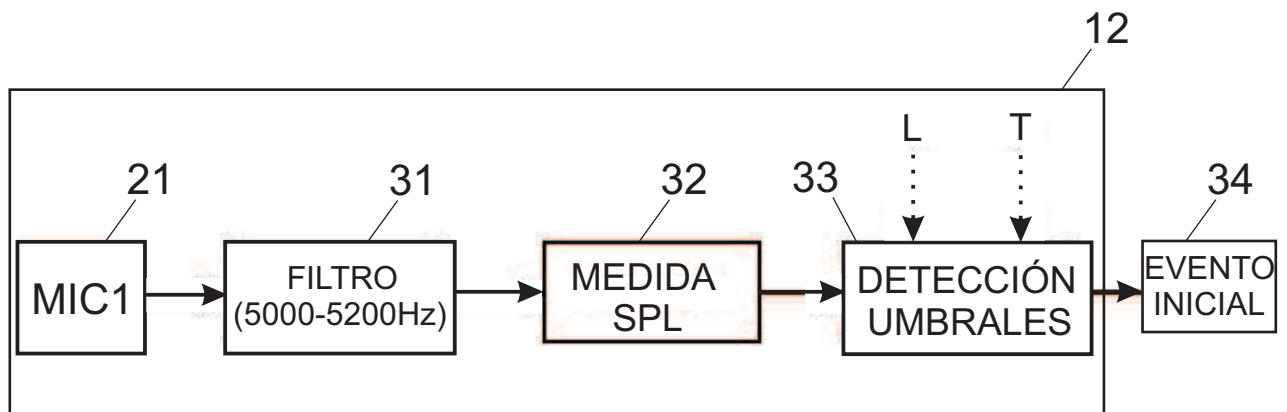


Fig. 3

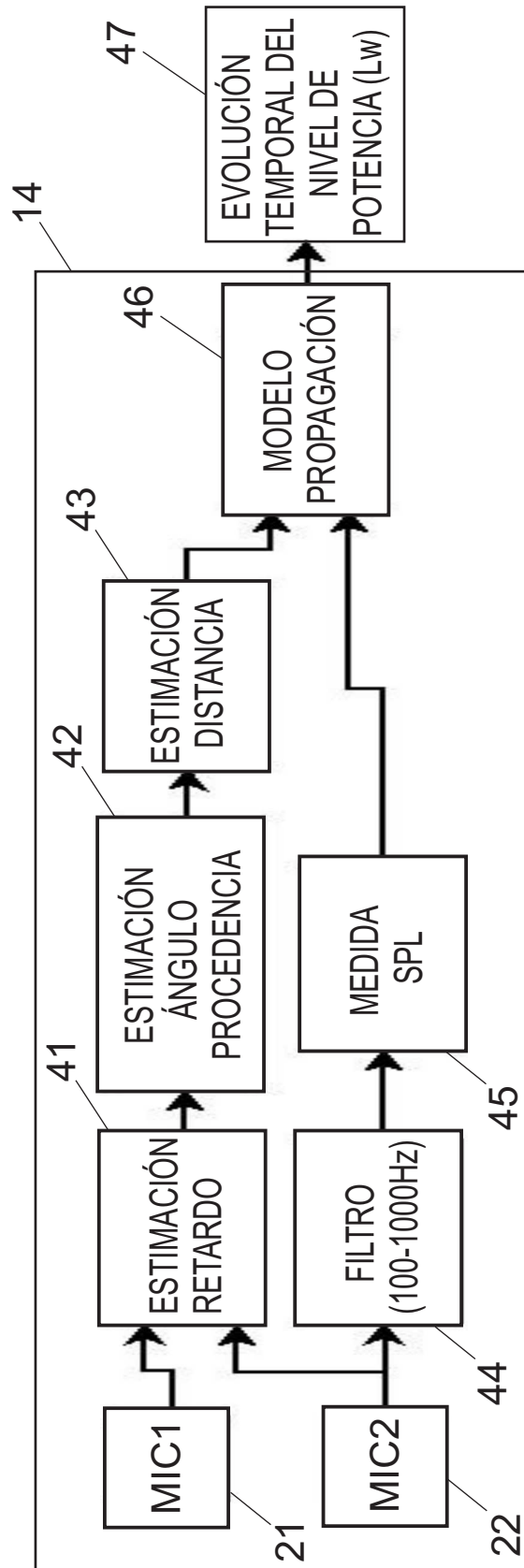


Fig. 4

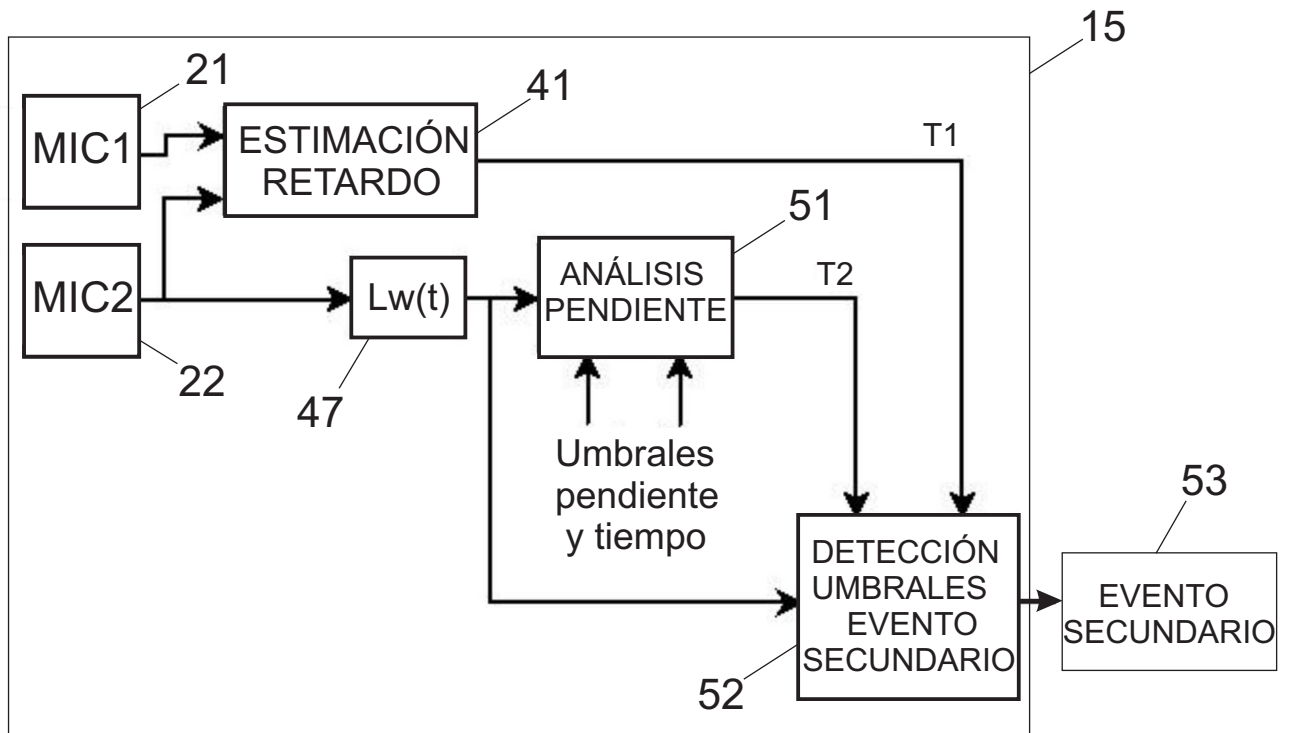


Fig. 5

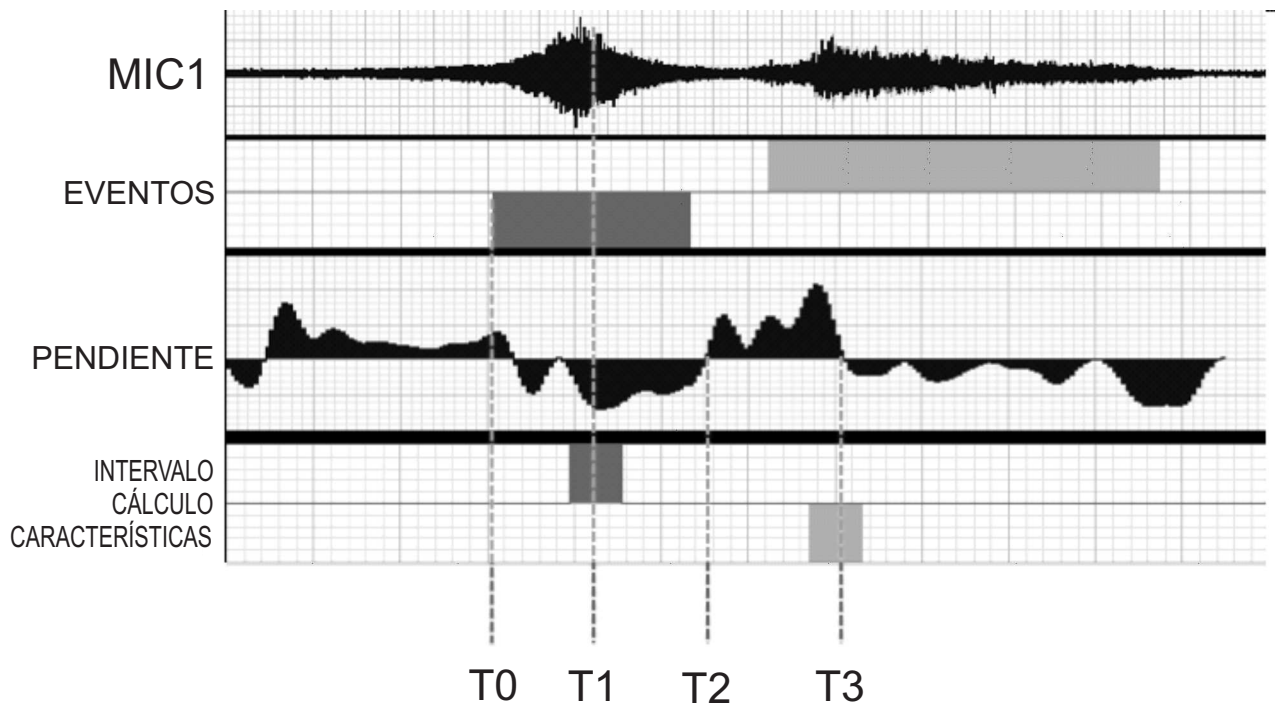


Fig. 6



- ②① N.º solicitud: 201231247
②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.08.2012
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01H3/10** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2011037616 A1 (SIEMENS AG) 17.02.2011, párrafos [8-26],[30-33],[40-53]; reivindicaciones 24-29,34-39,45,46; figuras 1-3.	1-16
A	WO 9527910 A1 (CIRRUS RESEARCH PLC et al.) 19.10.1995, página 2, línea 20 – página 9, línea 32; figuras 1-5.	1-16
A	US 4208735 A (JAPAN BROADCASTING CORP) 17.06.1980, resumen; columna 2, líneas 10-32; columna 3, línea 14 – columna 12, línea 65; figuras 2-6.	1-16
A	EP 2233897 A1 (NITTOBO ACOUSTIC ENGINEERING C) 29.09.2010, párrafos [7],[11],[16-17],[23-24],[29-38]; figuras 1,4,5,7-9.	1-16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.01.2013

Examinador
J. Cotillas Castellano

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01H

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.01.2013

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-16
Reivindicaciones

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones 1-16
Reivindicaciones

SI
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2011037616 A1 (SIEMENS AG)	17.02.2011
D02	WO 9527910 A1 (CIRRUS RESEARCH PLC et al.)	19.10.1995
D03	US 4208735 A (JAPAN BROADCASTING CORP)	17.06.1980
D04	EP 2233897 A1 (NITTOBO ACOUSTIC ENGINEERING C)	29.09.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Los documentos recuperados en la fase de búsqueda y citados en el Informe sobre el Estado de la Técnica, referidos a procedimientos y sistemas de detección de sonidos en aeropuertos, si bien presentan algunas similitudes con el procedimiento y sistema reivindicados, se diferencian en numerosas características que hacen que dichos procedimiento y sistema reivindicados se consideren nuevos y con actividad inventiva, según lo establecido en los Art. 6.1 y 8.1 de LP.

El documento D01 describe un procedimiento para la detección de la posición de una aeronave mediante la captación y análisis del ruido provocado por la misma. El procedimiento descrito en este documento emplea unos medios de captación (véase el párrafo 43) que comprenden unos micrófonos orientados hacia la pista en un aeropuerto (véanse la figura 2 y el párrafo 44). Se detecta un primer evento cuando el nivel de presión sonora supera un umbral (véase el párrafo 51). Se estima la distancia entre los medios de captación y la aeronave (véase el párrafo 46), y el ángulo de procedencia del sonido (véanse los párrafos 48 y 49). Finalmente, se hace una clasificación de los sonidos mediante reconocimiento estadístico de patrones (véase el párrafo 52).

Si bien el procedimiento descrito en D01 permite determinar la posición de la aeronave, no especifica que se produzca un evento cuando el avión pasa por delante de los medios de captación. Tampoco se contempla que el cálculo del ángulo de procedencia sea mediante correlación cruzada ni que se calcule la potencia sonora mediante el nivel de presión del sonido y la distancia estimada. Finalmente, el procedimiento descrito en D01 se limita a detectar la presencia o paso de aeronaves, pudiendo clasificar el tipo de aeronave por el ruido producido, pero no se describe ni resulta evidente a partir de este documento que mediante este procedimiento se pueda identificar la activación de la reversa en el aterrizaje de una aeronave.

En cuanto al sistema reivindicado en la solicitud, el documento D01 describe un sistema que comprende (véase la reivindicación 45) un módulo de captación con micrófonos y una unidad de evaluación que lleva a cabo las etapas del procedimiento antes comentado.

El documento D02 presenta un sistema y un procedimiento para la monitorización del ruido en aeropuertos mediante el cual, tras la captación del sonido mediante dos micrófonos situados en los extremos de la pista de un aeropuerto, se identifican los eventos de aterrizaje y despegue de aviones. En este caso los eventos se determinan comparando los niveles de sonido capturados en cada micrófono con unos umbrales establecidos, y seguidamente analizando la evolución temporal de los sonidos captados con cada micrófono. Tampoco la invención divulgada en este documento permite la identificación de la activación de la reversa en un aterrizaje.

De este modo, en ninguno de los documentos citados se han encontrado presentes todas las características técnicas que se definen en las reivindicaciones independientes 1 y 11 de la solicitud. Asimismo, se considera que las características diferenciales no parecen derivarse de una manera evidente de ninguno de los documentos citados ni de manera individual ni mediante una combinación evidente entre ellos.

Por todo lo anterior, se concluye que las reivindicaciones independientes 1 y 11, y por consiguiente todas sus dependientes (reivindicaciones 2-10 y 12-16), satisfarían los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 de la Ley 11/1986 de Patentes.